



سلسلة من كل علم خبر

الاكتشافات الكبيرة

مِنَ الحِرَفِ اليَدويّة إلى الصّناعة

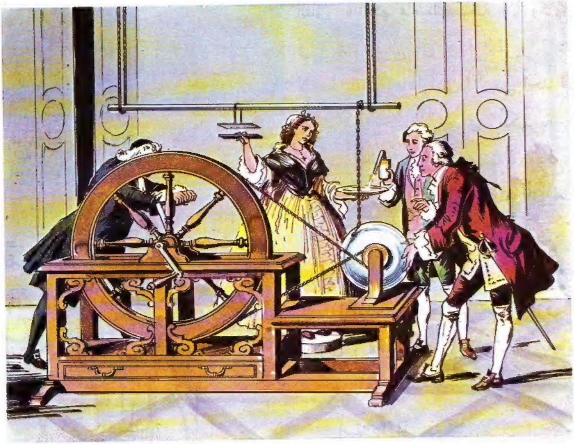
(١٢)

الآلات الالكتروستاتية ،
لعب علمية جميلة

- شارل "فرنكلين"
- من المنطاد إلى
البالونات الفضائية

Les Grandes Inventions
F. Lot
Librairie Hachette

منشورات مكتبة سمير
شارع غورو - بيروت
تلفون ٨٥-٢٢٦-٢٣٨١٨١



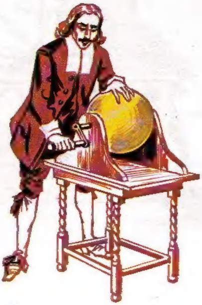
اختبار من اختبارات الأب الراهب « نُوني » .

الآلات الألكتروستاتية ، لُعَب علميَّة جميلة

سنة ١٧٢٩ ، إكتشف العالم الفيزيائيّ الانكليزيّ « ستيفن غِري » ، أنّ بوسعِ (١) الكَهرباء أنْ تنتقلَ من جسم إلى جسم . وكان العلمُ ، قبلَه ، قد لاحظ وجودَ الكهرباء الستاتيَّة ، التي متى وُجِدت على بعض الأجسامِ ، ظهرت للعيان إمّا بجَذْب بعضِ الأجسام الأخرى ، وإما بدفعها .

في هذه الفترة من الزمن تقريباً ، إكتشف العالِم الفرنسيّ « شارل فرانسوا دي سِسترِني دي في » ، أنَّ الكهرباء الناتجة عن حكّ الزجاج ليست عين الكهرباء الناتجة عن حكّ الصَمغ ؛ فعُرِف بنتيجة هذا الاكتشاف نوعان من الكهرباء ، دُعِيَ الأوّلُ « الكهرباءَ الزجاجيّة » ، ودُعِي

« أوتو دي غيريكه » وجهازه الكهربائيّ ، وهو عبارة عن كرة من كبريت كان يدوِّرها بواسطة ذراع مدوِّرة يدويّة ، ويحكّ بها يَده ، فتجتذب اليها قُصاصاتٍ من الورق والريش .



الثاني « الكهرباءَ الصَمغيّة » . وكان « دي في » قد وصل الى هذا التقرير[٢] ، عندما لاحظ أنّه ، اذا أدنى[٣] من أحد الأجسام المُكَهْرَبة أجساماً أُخرى مُكهربة أيضاً ، جَذَبَ الجسمُ الأوّلُ بعضَها ، ودَفَعَ بعضَها الآخر . فاستنتجَ من ذلك أنّ الكهرباء الموجودة على الأجسام المجذوبة ، ليست عينَ الكهرباء الموجودة على الأجسام المُبعَدَة... في ما بعد ، سيُعرفُ هذا الفرقُ بتَسمية أخرى ، فيقال « كهرباء إيجابيّة » ، « وكهرباء سلبيّة » .

إستناداً الى ذَيْنِكَ الاكتشافَين ، (وقد قال أوّلُهما بإمكانِ تكهْرُبِ بعضِ الأجسام ، كالزجاج والصَمغ ، عن طريق الحكّ ؛ وقال ثانيهما بإمكان انتقال الكهرباء من جسم الى آخر ،) كان بوسع علماء القرن الثامنَ عشر أنْ يبنوا أُولى الآلات المنتجة للكهربــاء .

ففي لَندن ، لجأَ « فرنسيس هَوكسبي » ، في إنتاج الكهرباء ، الى كرة زُجاجيّة تدورُ حولَ محورِها العموديّ ، مدفوعةً بذِراع تدويرٍ يَدَويّة . وفي ليبزيغ ، بنى « وِنْكَر » آلة مزوَّدة[٤] بأربع كُرات ، يُدار محورُها



٢

٣ – زجاجة « ليدي » ، أوّل مجمّع كهربائيّ (١٧٤٥) ، طوّره « نوني » وحسّنه .



قضيب الأيبونيت الذي يكفي ان تحكّه على قطعة من الصوف ...



... حتّى يتمكّن من أن يجذب اليه قصاصات من الورق الخفيف .

إمّا بدوّاسة ، وإمّا بقوس على طريقة خارط الخشب . وسرعان ما انتشرت هاتان الآلتان في اوربّا ، حيث عَرفتا رَواجاً [٥] كبيراً . ذلك أنّ الاختبارات الكَهربائيّة كانت تحظى بكثير من الاهتمام ، في مختبرات الفيزياء ؛ وكان الباحثون بحاجة إلى أَجهزة [٦] مُناسبة للتجارب والاختبارات . من تلك الاختبارات مثلاً إنارةُ بعض الأنابيب المملوءَة بغازٍ قليل الضغط ؛ أو كَهربةُ شخصٍ قائم على صحن معزول [٧] ؛ أو إشاعةُ هزّاتٍ جَماعيّة في أجسام بعض الأشخاص ، بواسطة زجاجة « ليـدي » الشهـيرة ...

عـام ١٧٦٦ ، صنع الميكانيكيّ الانكليزيّ « جسِّي رامِسدن » أوّلَ آلة ذاتِ صحن : وهي عبارة عن صحن من زجاجٍ يدور ، فيحتكّ باربع وِسادات من الجِلد مطليّة [٨] بالذهب الخالص ، ومتّصلةٍ بالطرف السلبيّ من الجهـاز . أمّا الشُحنةُ الكهربائيّة التي كانت تتولّد على الصحن ، فكانت تمرّ ، بواسطة أمشاط ، الى مُجَمِّع يتألّف من اسطوانتَين من النحاس تُشكّلان قُطبَ الآلة الأيجابيّ .

أَفَلَ نجمُ [٩] هذه الآلات الألكتروستاتيّة زمناً ، وقد كَسَفَتْها تطبيقاتُ الكَهرطيسيّة والكهرَدِيناميّة ؛ الاّ أنّها عادت فعرفت شيْئاً من الرواج ، بفضلِ جهازِ « فان دي غراف » ١٩٣٣ ، الذي استُعمِل في العلاج الطبّي ، لأنتاج الأشعّة المجهولة القاسيَة ؛ كما استُعمل في الفيزياء النوويّة ، للحصول على توتُّرات مباشرة عالية جدّاً . وفي هذا

المجال يُلجأ عادةً الى مُولِّدات قويّة جدّاً . أمّا عمل هذه المولِّدات فسهل : فهناك كرة جوفاء من نحاس قائمة على عمودٍ عازل . بواسطة كشاط من المطّاط ، تتلقّى هذه الكرة الشُحنات الأيجابيّة التي تُنتجها مولِّدة مساعِدة . وهكذا يمكن الحصول على توتُّر يساوي مليونَين ونصفاً من الفَلطات ، بواسطة كرة لا يتعدّى قُطرُها الأمتارَ الثلاثة . ولو أمكن لجهاز ثانٍ مُماثل أنْ يتلقّى شُحناتٍ إيجابيّةً مُماثلة ، لأَمكنَ الوصولُ الى فارق في القوة بين الكُرَتَين ، يبلغُ خمسةَ ملايين من الفَلطات .

الألِكتروستاتيّة على متناول الكل : الشعر يتكَهْرب تحت لَمَسات الفرشاة ...



التفسير

١ – بوُسع الكهرباء : باستطاعة الكهرباء .
٢ – التقرير : الاثبات . قرَّر : أثبت .
٣ – أَدنى يُدني الشيءَ : قرَّبه .
٤ – مُزَوَّدة : مُجهَّزة .
٥ – الرواج : الانتشار .
٦ – أجهزة : معدَّات ، آلات .
٧ – صحن معزول : لا يجري فيه تيّار كهربائي .
٨ – مَطْلِيَّة : مغطّاة بالذهب .
٩ – أَفَلَ النجم : غاب .

الاسئلة

١ – كيف تظهر الكهرباء الستاتيّة ؟
٢ – كيف تستطيع أن تختبر ذلك بنفسك ؟
٣ – ماذا اكتشف « ستيفن غري » ؟
٤ – ماذا اكتشف « دي في » ؟
٥ – كيف أنتج « هوكسبي » الكهرباء ؟
٦ – أينَ استعمل جهازُ « فان دي غراف » ؟



قصر في حماية شاري . يستطيع هوائيّ التلفزيون الموصول بالارض أن يقوم بدور الشاري .

شاري " فرنكلين "

عُرِف « بنيامين فرنكلين » (١٧٠٦ – ١٧٩٠) بأنَّه عالم ، ومفكِّر ، وكاتب أخلاقي ، وطابع ، وناشر ، ومهندس مُدُني ، ومؤسِّسٌ لأوّل مَرْكز للمطالعة في اميركا ، وللأكاديميّة التي ستغدو جامعة بَنسلفانيا . ولقد قضى تسع سنواتٍ في باريس حيث مثَّل جمهوريّة الولايات المتَّحدة الفتيّة [1] . صحيحٌ أَنَّ المستعمراتِ الانكليزيّة ، في أميركا ، قد دانت [2] له بفضل استقلالها ؛ الاّ أنَّ الشهرة العالميّة التي حَظيَ [3] بها هذا الرجل ، وهو ابنُ صانعٍ بسيطٍ للشموع في مدينة « بوستن » ، تعودُ أوّلاً الى أنَّه قد

أَثبتَ أصلَ الصاعقة الكهربائي ، واخترع وسيلة لأتقاء شرِّها .

كان فرنكلين قد روى في كتابه المعروف : « اختبارات وملاحظات » ، والذي طلبَ « بوفون » نقلَه الى الفرنسيّة ، طريقةَ اكتشافِه « القدرةَ المدهشة التي تتمتّع بها الأجسامُ الحادَّةُ المسنَّنة ، في نقلِ اللُعبة الكهربائية الى الأجسام الأُخرى ، وفي سَحبها منهـا .

بعدما لاحظ فرنكلين عدداً لا بأس به من أَوجُهِ الشَّبَه ، البادية بين الصاعقة والسائب(٤) الكهربائي ، تساءَل عمّا إذا كان البرق الجوّي قابلاً ، هو الآخر ، لأن تَجتذبَه الرؤوسُ المُسنَّنة . وخطر بباله اختبارُ عرَضَ فكرتَه على الجمعيّة الملكيّة في لَندن . قِوامُ هذا الاختبار ، أَنْ يُنصبَ قضيبٌ من الحديد في أَعلى بُرج ، وأن يُقَرَّبَ منه ، في أثناء العاصفة ، قضيبٌ معدِنيّ آخر ... كان فرنكلين يعتقدُ أنّ شرارةً لا بدَّ ان تتولَّد إذ ذاك بينَ القضيبين ، لم يُعِر العُلماءُ الأنكليز هذا الاقتراحَ أُذُناً صاغية ؛ أمَّا العالِمُ الفيزيائيُّ الفرنسيّ « داليبار » ، فقد اهتمّ به ، وحقَّقه بنجاحٍ مُخيف ، على سطح بيتِه في « مَرلي » !

وفي سبيلِ الوصولِ الى مناطقَ جويّةٍ أكثرَ تَعَرُّضاً للصواعقِ والعواصف ، اتَّخذ فرنكلين طيّارة اللَعِب وسيلةً للاختبار ؛ فجعلَها شارياً متجوِّلاً ، وواقيةً مُتَحرِّكة ... ففيما كانت هذهِ الطيّارة المكسُوَّة بالحرير ، تمرُّ بالقُرب من إحدى الغيوم المشحونةِ بالكهرباء ، أدنى(٥) من خيطِ القِنَّب ، الذي كان يُمسِكُ الطيَّارة ، مِفتاحاً من حديد . وحدث ما كان يتوقَّعُه(٦) ، فإذا به يُشاهِدُ شرارات كهربائيّة تتَوَلَّد ، وتَزدادُ تواتُراً وقُوَّةً ، مع انفجارِ العاصفة ، وتبلُّلِ خيط القِنَّب الذي كان يقومُ بدور السلكِ الناقل للكهرباء التي كانت تَتَوَلَّدُ على مُستوى الغيوم .

ماكاد فرنكلين يُثبتُ هذه الظاهرةَ بالتجربة والأختبار ، حتى ارتفعتِ القُضبانُ المعدِنيّةُ الواقية ، فوقَ السطوح . وبلغ الهَوَسُ من البعضِ حدّاً حملَهم على تزويدِ المَظَرِّيّات(٧) ، وحتى القبّعاتِ ، بواقيات تصِلُها بالأرض سلاسلُ من فضّة . ممّا حمل الكاتب الألمانيّ الفكِه « لختنبرغ » ، وهو معاصرُ رجُلِنا العظيم ، على القول : « كان بوسعِنا ، عندَ وفاة فرنكلين ، أنْ نَعصِبَ الشُراةَ(٨) الواقية من الصواعق

بعصائب الحداد . » أمّا « ريفارول » الكاتبُ الفكِهُ الآخر ، فقد قال : « عندما تُرعِدُ السماء ، أُنظر الى المُوسْوَس من ناحية ، والى العالِم من ناحية أخرى : أمّا الأوّلُ فيلجأ الى التمائِمِ (٩) والتعاويذ (١٠) ، وأَمّا الثاني فإلى الشاري ... »

لا يزالُ الشاري يقومُ بخدَماتِه القيِّمة ، فَيَحمي منازلَنا وأَبنيَتنا من انفجارات الغيومِ الرهيبة . هذا ، وقد اعتُمِدت ، في أيّامنا ، واقيـاتٌ خاصّة ، هي بمثابة قاطعاتِ تيّـار ، تقي الأجهزة والأسلاكَ الكهربائية ، من التوتُّراتِ الفضائيّة الخَطِرة .

إحدى تجارب فرنكلين التي اعتمد فيها طيّارة اللعب . يُدني العالم من المفتاح المتوسط بين الخيط الحامل للكهرباء وشريط الحرير الذي يُمسك به إبنه ، زجاجة من زجاجات ليدي ، فتشحن الزجاجة بالكهرباء .





شاري الأنيقات والأنيقين النقّال ، في القرن الثامن عشر.

التفسير

١ – الفتيَّة : الجديدة ، الحديثة العهد .

٢ – دانت له بالفضل : اعترفت له بالفضل .

٣ – حَظي بالشهرة : نالَها .

٤ – السائب الكهربائي : التيّار الكهربائي .

٥ – أدنى الشيء : قرَّبه .

٦ – يتوقَّع الأمر: ينتظرُ حدوثَه .

٧ – المَطريَّات : الشَمسيّات الواقية من المطر.

٨ – الشُراة : جمع الشاري وهو القضيب الواقي من الصواعق .

٩ – التمائم : جمع تَميمة : خرزة او شبهها تعلّق في العنق دفعاً للعين .

١٠–التعاويذ : جمع تعويذ : بمعنى التمائم .

الاسئلة

١ – ما هو الشاري ؟

٢ – ما هو أصل « بنيامين فرنكلين » ؟ بم عُرِف ؟

٣ – ما هو أكبر أسباب شهرته العالميّة .

٤ – ماذا اكتشف فرنكلين بشأن الاجسام الحادّة ؟

٥ – أيّة فكرة خطرت له ، بشأن البرق والصاعِقة ؟

٦ – ما الاختبار الذي عرضه على الجمعيّة الملكيّة ؟

٧ – من حقّق هذا الاختبار ؟

٨ – كيف ولَّد فرنكلين الشرارة من الغيوم ؟

٩ – صِف الاختبار الذي رأيت رسمه في هذا الفصل .

١٠–كيف ظهر هِوسُ ابناء القرن الثامن عشر بشاري فرنكلين ؟



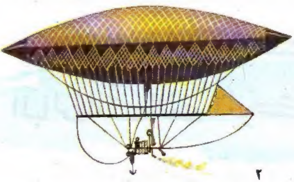
في فرساي ، ١٩ أيلول ١٧٨٣ ، ارتفاع المُنغُلفيارة ، ذلك المنطاد البديع الذي أقلّ روّاد الفضاء الأوائل ، في العالم : خروفاً وديكاً وبطّة .

مِنَ المِنطَادِ إلى البَالونَاتِ الفضائيّة

كان ابنا « بيار دي مُنْغُلفِييه » ، ورّاقِ مدينة « أنُّوني » المعروف ، الذي ذاع صيتُه [١] في أوربا كلِّها ، يتفاهَمان كلَّ التفاهم ، ويكمِّلُ واحدُهما الآخر : كان جوزف (١٧٤٠ – ١٨١٠) فيّاضَ المخيِّلة ؛ وكان « إيتيان » ، اخوه الأصغر ، (١٧٤٥ – ١٧٩٩) مهندساً مِعماراً لامعاً ، وعالِماً رياضيّاً مقدَّراً .

وقف جوزف يوماً يتأمَّلُ لوحةً تُمثِّل « حصار جبل طارق » ، الذي استحالت إغاثتُه [٢] عن طريق البرّ ، كما استحالت عن طريق البحر . وبغتةً ، خطر بباله هذا السؤال : « وماذا ، لو كان بالأمكان ، الانتقالُ على طريقة الغيوم والسحُب ؟ ... » وأخذت خاطرتُه [٣] تُحاولُ التجسُّدَ [٤] بشكلٍ عمَليّ : لا بدَّ من محاولة تقليد هذه السُّحُب في أسفارِها . لا بدَّ من التوصُّلِ الى بناءِ ما يساوي سحابــة ...





٢

١

١ – بالون كلاسيكيّ كرويُّ الشكل .
٢ – منطاد جفّار القابل التوجيه ، وقد زُوِّد بآلة بخاريّة تحرِّك المروحة ، وبدفّة موجِّهة (١٨٥٢) .

أوّلُ ما خطر بباله ، في مجال التنفيذ ، أَنْ يلجأ الى بُخار الماء ، طالما أنَّ السحابة مؤلَّفة من بُخار ماء . وانصرف الأَخَوان ، جوزف وإتيان ، الى العمل . فملآ بالبخار كيساً من ورق خفيف ، ولكنّ الكيسَ لم يرتفع الّا لحظةَ تكاثف⁽٥⁾ فيها البخار ، فأثقله . أَيلجآن الى الدُخان المتصاعِد من احتراق الحطَب ؟ ولكنّه سرعانَ ما يَبرُد أمّا الهيدروجين ، فإنّه يتسرَّب⁽٦⁾ من خلال الورق ، ويضيع في الهواء .

وهكذا نقلت التجربةُ الأخوَين ، من اختبار الى اختبار ، حتّى خطر ببالهما أنْ يُحرقا القَشَّ الرطبَ والصوف . وإذا بالنجاح يتحقَّق : فما احترقَ هذان الجسمان ، تحت غلاف من الورق ، حتى ارتفع الغلاف بسرعة ! إعتقدَ الأَخَوان مُنغُلْفييه أنّهما قد اكتشفا غازاً جديداً ذا خصائصَ⁽٧⁾ كهربائيّة ؛ ولكنّهما كانا على خطأ . كلُّ ما حصل ، أنَّ هواءَ الغلاف قد سخن ، فتمدَّدَ فصار أخفَّ من الهواء المحيط بغلاف الورق ، فارتفع الغلاف بعُنف . حسَّن جوزف وإتيان جهازَهما ، فحلَّ الحريرُ محلَّ الورق ، ثمّ حلَّ الكتّانُ محلَّ الحرير .

في ٥ حزيران ١٧٨٣ ، واجه الأخَوان مُنغُلفييه جمهورَ مدينة « أَنُّوني » بكُرةٍ بلغ قطرُها اثني عشر متراً . كان لا بدَّ من

ثمانيةِ رجال لإمساكِها ، ولمّا أُفلِتت ، ارتفعت حتّى الغيوم . ففرح الجمهور وذَهِل ؛ وانتشر الذهول في كلِّ مكان . فقرَّرت أكاديميّةُ العلوم إعادةَ الاختبار في باريس ، تحت اشراف العالم الفيزيائيّ شارل .

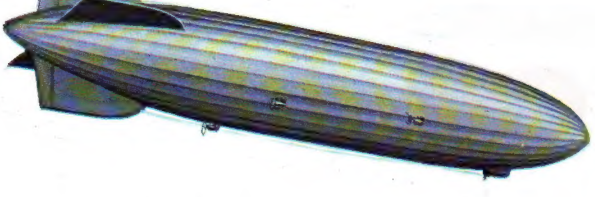
جرت المحاولةُ الأولى في ساحة مارس . في ٢٧ آب ، أمام جمهورٍ احتشدَ فيه ثلاثُ مئة ألف شخص ، أي ما يعادل نصف سكان العاصمة ، في ذلك الوقت . أُفلِتَ البالون ، عندما أشارت بذلك طلقةُ مِدفع ، فارتفع الى علوٍّ شاهق ، في مدّة دقيقتين ؛ ثم ابتعد ، وسقط على بُعدِ خمسة أميال ، في أحد الحقول ، حيثُ مزَّقه القرويُّون شرَّ تمزيق ، وكان الخوف قد استبدّ بهم (٨) ، لظنِّهم أنَّه القمر ، وأنَّه قد انقضَّ (٩) عليهم .

وفي ١٩ أيلول من السنة عينها ، في فِرساي ، وبحضور الملك وافراد الحاشية ، ارتفع في الفضاء بالونٌ أزرقُ مذهَّب زيَّنَته الرسوم ، حاملاً روّادَ الفضاء الأوائل : خروفاً وديكاً وبطّة ، ما لبثوا أن استُعيدوا أحياءَ في غاب « فوكرشون » . بعد ذلك بقليل ، ستحمل المُنغُلِفيارةُ مركيز « أَرلاند » و « بيلاتر دي رُوزييه » .

ستتعاقب (١٠) محاولاتُ الارتقاء في الجوِّ ، وسينتهي بعضُها بالفواجع (١١) ، إلاّ أنَّ البالونات والمناطيد ، حرَّةً كانت أم أَسيرة ، ستلعَبُ دوراً هامّاً ، وبخاصَّةٍ في أثناء الحروب . وستغدو المناطيد المسيَّرة ، والزِبلينات الضخمة سفناً هوائيّةً حقَّة .

إعتقدَ الناس أنَّ الطائرات والصواريخ والأقمارَ الاصطناعيَّة ، ستقضي على المنطاد ؛

منطاد هِنْدِنْبرغ الضخم .





بالونٌ أسير ذو سَلَّتين .

ولكنَّ شيئاً من ذلك ما حصل . ذلك أنَّ إنجازاتِ المنطاد ومآثرَه قد ازدادت ، بفضل الغلافات التي وفَّرتها له الموادُّ اللدنة[١٢] ، فمكَّنته في الوقت الحاضر من الارتفاع الى الفضاء الأعلى ؛ ممّا وفّر له انطلاقةً غيرَ منتظرة جعلَتْه يُقدّم لمراقبة الأحوال الجوِّية ، وللبحث الفضائيّ والفلكيّ ، خدماتٍ كثيرةً جليلــة .

التفسير

١ – ذاع صيتُه : انتشر صيتُه ، عُرِف .

٢ – استحالت إغاثتُه : صارت اعانتُه مستحيلة .

٣ – الخاطرة : الفكرة .

٤ – التجسُّد : التنفيذ ، التطبيق الحسّي .

٥ – تكاثف البخار : عاد ماءً .

٦ – تسرَّب الغاز : مرّ من خلال حاجز .

٧ – خصائص : صفات .

٨ – استبدّ الخوف بهم : تملَّكهم .

٩ – انقضّ عليهم : سقط عليهم .

١٠ – ستتعاقب : ستتتابع .

١١ – الفواجع : جمع فاجعة : مصيبة مؤلمة .

١٢ – المواد اللّدنة : المواد البلاستيكيَّة .

الاسئلة

١ – مَن هما « الأخوان منغلفييه » ؟ وكيف يتكاملان ؟

٢ – ما المناسبة التي أوحت الى جوزف بفكرة الانتقال في الجوّ .

٣ – صف محاولة الأخوين الأولى ، واشرح سبب إخفاقها .

٤ – ألا يصلح الهيدروجين لنفخ المنطاد ؟

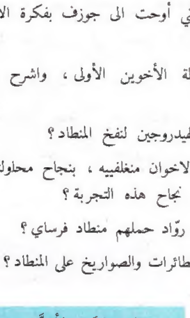
٥ – ماذا اعتقد الاخوان منغلفييه ، بنجاح محاولتهما ؟

٦ – كيف يفسَّر نجاح هذه التجربة ؟

٧ – مَن هم اوّل روّاد حملهم منطاد فرساي ؟

٨ – هل قضت الطائرات والصواريخ على المنطاد ؟

بالون لسَبر الأشعَّة .







ولادة حضارة

١ – من الحجر المقطوع إلى مكنات الصناعة ذات الذاكرة • السيطرة على النار • ولادة الكتابة
٢ – الزجاج مادة شفافة • الدولاب جهاز نقل • طيارة الورق، أكثر من لعبة بسيطة
٣ – آلات قياس الوقت • الورق، مطية الفكر • الطرقات، سبل اتصال بين الشعوب
٤ – السيطرة على المعادن • المرآة: من دنيا التبرج الى دنيا العلم • رهط ذاتيات التحرك
٥ – من النظارتين الى المنظار الى المقراب • السهم الناري يصبح آلة تحررنا من الأرض • الصابون والمنظفات المنافسة

التقنية تقوم بأولى تحدياتها الكبيرة

٦ – المطحنة المائية والمطحنة الهوائية • البارود • الطباعة من عهد غوتمبرغ الى ... غد
٧ – الأسلحة النارية عدة هلاك • البوصلة • طوق الكتفين، في طقم الفرس، خلاص للمرهقين
٨ – "دولاب بسكال" جد الآلات الحاسبة الالكترونية • من المظلة الى الدبابة • آلات إحداث الفراغ
٩ – التحرك على وسادة من هواء • المجهر في سيطرته على المتناهي الصغر • ميزان الضغط.

من الحرف اليدوية الى الصناعة

١٠ – الآلة البخارية • من المراكب البخارية الأولى الى السفن الحديثة • من "السلحفاة" الى "الصاعقة"
١١ – المروحة وانطلاق الملاحة ... • من عربة "كونيو" البخارية الى سياراتنا • غاز الإنارة ...
١٢ – الآلات الالكتروستاتية • شارلي "فرنكلين" • من المنطاد إلى البالونات الفضائية.
١٣ – تلغراف "شاب" • من النسيج اليدوي الى نول المياكة • الدراجة الأولى وذريتها.
١٤ – بطارية "فولتا" • عيدان الثقاب • السكة الحديدية والقاطرة البخارية.
١٥ – "لينيك" و "الستيتسكوب" • علب المحفوظات التي تعد بالمليارات • الترجيات في العمل
١٦ – التلغراف الكهربائي يخترعه رسام ... • آلة الخياطة • عدسة التصوير تنفتح على كل شيء.
١٧ – لوحة الألوان المركبة • المحرك المتفجر يجهز ملايين السيارات • التبنيج المخدر.

العالم يبدل معالم وجهه

١٨ – الديناميت للسراء والضراء • حفر آبار النفط • من الآلة الكاتبة الى الطابعة الالكترونية
١٩ – صناعة البرد • الدينامو مولد التيار والمحرك الكهربائي • من السيلولويد الى اللدائن.
٢٠ – الميكروفيلم يضع مكتبة في حقيبة • الكلام المنقول في سلك • الترام والقاطرة الكهربائية
٢١ – سلسلة البرد • أديسن والمصباح الكهربائي • من الفونوغراف الحاكي الى الالكتروفون
٢٢ – مجرة الهواء وأجهزة المطاط • عصا الحديد في البناء • انبوب أشعة إكس يقهر الكثافة.
٢٣ – من الفنكستسكوب الى السينماسكوب • تسجيل الأصوات والصور • وطواط يخفق بالآمال الرحبة
٢٤ – محرك ديزل يخرج من قداحة • الاتصالات البعيدة المدى تنتقل على موجات الأثير • البيلينوغراف
٢٥ – زجاج لا يجرح • آلات توليد العواصف • الصور السوية على الشاشة الصغيرة.

من الذرة الى الفضاء

٢٦ – كاشفات الجزيئات الدقيقة • المدفعية الذرية • المجهر الالكتروني عين قادرة على رؤية الفيروسات
٢٧ – الرادار الساحر • من الانبيق القديم الى ابراج مصافي النفط العالية • المفاعل النووي
٢٨ – الترنزيستور والترنزستورات • الأجهزة الفضائية • الأفران التي توهج فيها طاقة الشمس

أرسى القرن الثامن عشر علم الكهرباء ، وأطلق أولى السفن البخارية ، والمناطيد والغواصات الأولى . وشاهد القرن التاسع عشر الثورة الصناعية بفضل البخار والكهرباء والآلة . فيما تكاثرت الاختراعات من كل نوع : من القاطرة والسكة الى عيدان الثقاب ، ومن التلغراف الى التصوير الشمسي ، ومن الدراجة الى التربينة ...

تأليف : ف. لوت
رسوم : ب. بروبست
ترجمة واعداد : سهيل سماحة